

Mapeamento digital de solos a partir de uma área de referência no Planalto do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil⁽¹⁾.

Jean Michel Moura-Bueno⁽²⁾; Ricardo Simão Diniz Dalmolin⁽³⁾; Luis Fernando Chimelo Ruiz⁽⁴⁾; Pablo Miguel⁽⁵⁾; André Carnieletto Dotto⁽⁶⁾; Sara Chagas de Souza⁽⁷⁾.

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM); ⁽²⁾ Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da UFSM, Santa Maria – RS; E-mail: bueno.jean1@gmail.com; ⁽³⁾ Professor Associado de Departamento de Solos da UFSM; ⁽⁴⁾ Tecnólogo em Geoprocessamento, bolsista DTI-C/CNPq, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Campus Curitibanos; ⁽⁵⁾ Professor Auxiliar da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL); ⁽⁶⁾ Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da UFSM; ⁽⁷⁾ Graduando do Curso de Engenharia Florestal da UFSM.

RESUMO: A produção de alimentos terá que aumentar nos próximos anos, podendo refletir aumento dos impactos sobre o solo. Para minimizar tais impactos, conhecer a sua distribuição espacial em nível de bacia hidrográfica é de fundamental importância para um planejamento racional desse recurso. Diante disso, o objetivo desse trabalho foi realizar o mapeamento digital de solo (MDS) a partir de uma área de referência em uma microbacia hidrográfica do Planalto do Estado do Rio Grande do Sul. O estudo foi realizado no município de Giruá, no estado Rio Grande do Sul, Brasil. A partir de uma área de referência (AR), representativa dos principais solos que ocorrem na microbacia, foi gerado um modelo preditivo usando árvore de decisão (AD) para inferir as classes de solo para o restante da área. Foram utilizadas como variáveis preditoras os atributos do terreno derivados dos Modelos Digitais de Elevação (MDEs). Os resultados mostraram que a partir de uma AR representativa da região, é possível desenvolver e treinar modelos preditivos para serem aplicados ao MDS. Essa técnica pode suprir a demanda de mapas de solo em escala pequena no Planalto do RS. O baixo número de amostras da classe de solo a ser mapeada e sua representatividade na área, pode influenciar na qualidade do MDS. Solos que ocorrem nos extremos da topossequência podem ser discriminados pelos modelos preditivos. O valor do kappa do MDS gerado para a microbacia foi de 67,71%.

Termos de indexação: mapas de solos, relação solo-paisagem, pedometria.

INTRODUÇÃO

Estimativas da ONU apontam que devido ao crescimento demográfico acelerado, em 2050 a Terra será habitada por 9 bilhões de pessoas, refletindo na necessidade de aumentar a produção de alimentos. Isso pode trazer um aumento dos impactos ambientais, como a utilização não racional do recurso natural solo. Isso, somado ao cenário da

mudança climática, implica na necessidade de conhecer e gerar informações de qualidade a respeito da distribuição espacial do solo e suas propriedades. O Estado do Rio Grande do Sul (RS) apresenta uma diversidade de tipos de solo, com diferentes padrões de distribuição na paisagem (Streck et al., 2008), ao mesmo tempo que possui grande potencial agrícola. Diante disso, existe uma demanda por mapas de solos no RS em escala menor (mais detalhados) (Dalmolin et al., 2004; Giasson et al., 2009). Os levantamentos de solos que cobrem o estado do RS são o Levantamento de Reconhecimento de Solos do Estado do RS (escala 1:750.000) (Brasil, 1973) e o Levantamento de Recursos Naturais do Projeto RADAM-BRASIL (escala 1:1.000.000) (IBGE, 1986), sendo considerados mapas com escalas grandes para fins de planejamento racional do solo a nível de bacia hidrográfica ou região (Dalmolin et al., 2004).

Neste contexto, a abordagem do Mapeamento Digital de Solos (MDS), têm se mostrado promissora para atender essa demanda de forma rápida e com informações de qualidade a respeito da distribuição geográfica do solo (Sanchez et al., 2009). O MDS busca desenvolver e disponibilizar a informações espaciais sobre o solo através de métodos de observação em campo e laboratoriais, associados a sistemas de inferência usando como base os fatores de formação do solo (McBratney et al., 2003).

Uma das estratégias utilizadas no MDS é a extrapolação das relações solo-paisagem de uma área mapeada, definida como área de referência, para locais onde estas relações ainda sejam válidas (Lagacherie et al., 2001). Isso é observado no trabalho realizado por ten Caten et al. (2011), onde os autores realizaram a extrapolação das informações através das relações solo-paisagem para uma mesma sub-bacia. Essas relações partem do pressuposto que exista uma relação direta entre os fatores de formação do solo e geomorfologia do local, com os tipos de solos formados em uma determinada região (Jenny, 1941; McBratney et al., 2003). A mineração de dados por Árvores de Decisão (AD), têm se mostrado promissora por

permitir o desenvolvimento da relação solo-paisagem (Crivellini et al., 2009). Além disso, as variáveis ambientais podem ser obtidas de forma rápida e com baixo custo através dos Modelos Digitais de Elevação (MDE) disponíveis.

Nesse contexto, o objetivo do trabalho foi realizar o mapeamento digital de solo a partir de uma área de referência para inferir classes de solos em uma microbacia hidrográfica do Planalto do Estado do Rio Grande do Sul.

MATERIAL E MÉTODOS

Descrição área de estudo

O trabalho foi desenvolvido em uma bacia hidrográfica situada no município de Giruá, localizado na sub-região do Alto Uruguai que pertence à região fisiográfica do Planalto do estado do Rio Grande do Sul (RS), Brasil. A área abrangendo parte da carta planialtimétrica Giruá (SH.21-X-B-III/1 - SE) da Diretoria do Serviço Geográfico do Exército (SEG) (escala 1:50.000). A área da microbacia possui aproximadamente 3.100 ha. O clima predominante é do tipo Cfa conforme a classificação de Köppen, caracterizado como clima subtropical úmido sem período estiação definido. A precipitação pluviométrica média anual é de 1.700 mm. A vegetação pertence à região fitogeográfica de Floresta Estacional Decidual. A altitude média é de 422 m e o relevo é suave ondulado a ondulado, com declividades mais acentuadas próximo das drenagens, sendo comuns colinas com declividades de 3 a 10 %. A área apresenta geologia derivada da Formação Serra Geral. As classes de solos predominante na região são os Latossolos Vermelhos Distroférricos típicos e Gleissolos Háplicos Tb distróficis. Os usos da terra predominantes na área são: mata nativa, lavouras anuais em sistema plantio direto (SPD), campo nativo e pastagens plantadas.

Obtenção dos atributos de terreno

Os atributos de terreno relacionadas com a pedogênese da área de estudo foram obtidos do Modelo Digital do Terreno (MDT). O MDT foi produzido a partir da interpolação das curvas de nível, para isso utilizou-se a técnica *Thin Plate Spline (TIN)* que está disponível no software SAGA-GIS. Com o MDT concluído, a próxima etapa foi originar os atributos de terreno, por meio da ferramenta *Terrain Analysis – Compound Analyses* do SAGA-GIS, no qual foram: elevação (ELEV), declividade (DECL), o índice de umidade topográfica (IUT), a curvatura de perfil (CPERF), a curvatura

planar (CPLAN), a área de acúmulo (ACUM) e a orientação de vertente (OVERT).

Coleta de informações na área de referência e da verdade terreno

A área de referência (AR) (área de treinamento do modelo preditivo) foi determinada somente na área delimitada como AR (**Figura 1**). Já a área de validação (AV) (verdade do terreno) foi determinada para o restante da microbacia. Nesse estudo as classes de solo investigadas contemplaram apenas o 1º e 2º níveis categóricos do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) (Embrapa, 2006).

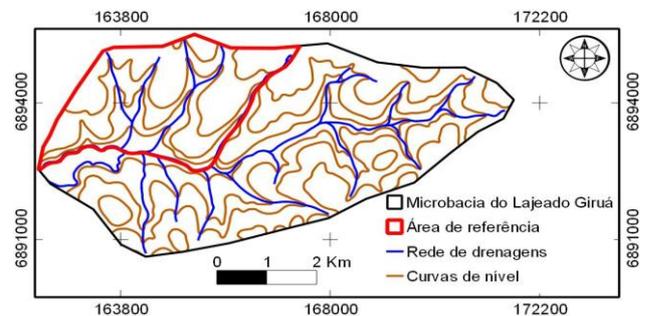


Figura 1 – Área da microbacia do Lageado Giruá e delimitação da área de referência (AR). Sistema de coordenadas UTM, datum WGS84 e fuso 22.

Na área de estudo foram espacializadas duas classes de solo após verificação no campo, sendo os Latossolos Vermelhos (LV), localizados em locais de relevo suave ondulado a ondulado, onde predominam as colinas. Já nas áreas mais planas do terreno, próximas a rede de drenagem, foram encontrados os Gleissolos Háplicos (GX).

Tabela 1 – Áreas de referência, área de validação e MDS para cada classe de solo investigada.

	LV	GX	A _{total}
	----- ha -----		
AR	299,07	69,43	368,5
AV	389,18	59,51	448,69
MDS	2.419,28	624,32	3.043,6
AR (%)	81,2	18,8	100

LV: Latossolo Vermelho; GX: Gleissolo Háplico; AR: área de referência; AV: área de validação; MDS: mapa digital de solos de toda microbacia; AR (%): porcentagem de cada classe de solo na área de referência.

Na AR foram demarcados polígonos referentes as duas classes solos, por um pedólogo experiente, sendo esses polígonos utilizados para treinar o modelo de predição. A marcação dos pontos foi possível através do aplicativo Google Earth. Esse mesmo processo foi aplicado para definir as

amostras da AV. Essas últimas amostras serviram para calcular o valor do índice kappa. As extensões das amostras da AR e AV de cada classe de solo estão representadas na **Tabela 1**.

Geração e confiabilidade do MDS

Com as amostras de solos da área de referência demarcadas, a próxima etapa foi gerar o modelo de predição. Para isso foi utilizada a técnica por árvore de decisão (AD), que está disponível no programa de mineração de dados WEKA. Para um bom desempenho da AD foi selecionado verdadeiro para poda da árvore (`reducedErrorPruning=True`) e o número mínimo de instâncias igual a dois. O MDS foi originado a partir do programa ADtoRASTER (Ruiz et al., 2012). Nesse programa selecionou-se a AD e os atributos de terreno e como resultado, obteve-se o MDS georreferenciado para a microbacia. O MDS foi confrontado com as amostras da verdade do terreno, gerando o valor do índice kappa através da função *Kappa Statistics*. Esses últimos procedimentos foram executados no programa GRASS-GIS.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No levantamento de campo realizado pelo pedólogo na área de referência (AR), foram identificadas as classes de solos dos Latossolos Vermelhos (LV) e Gleissolos Háplicos (GX), representando 81,2 e 18,8 % da AR respectivamente (**Tabela 1**). Os LV foram encontrados nas áreas com relevo suave ondulado (nas colinas) e os GX nas cotas mais baixas do terreno, próximas da rede de drenagem. Essa maior abrangência dos LV está associada a maior parte da microbacia apresentar uma geomorfologia estável que propiciou a formação de solos profundos, como os LV. O relevo suave e regular associado ao clima quente e úmido condicionou maior lixiviação de bases e sílica, favorecendo o predomínio do processo de latolização. Já a classe dos GX é menos representativa na microbacia devido as áreas mais baixas da paisagem, onde ocorre o acúmulo de água, propiciando condições para que ocorra os processos de oxidação e gleização, são menos representativas na área de estudo.

Observando o MDS gerado para microbacia (**Figura 2**), verifica-se que o modelo preditivo desenvolvido, utilizando a técnica de AD conseguiu capturar a relação solo-paisagem a partir da AR e realizar a espacialização das duas classes de solos para toda a microbacia.

O MDS apresentou resultados satisfatórios para as duas classes de solo, sendo confirmado pelos valores de acurácia do mapeador (AM) e índice kappa (**Tabela 2**).

Tabela 2 – Matriz de confusão do MDS da microbacia do Lageado Giruá.

Classe de solo	LV	GX	AM (%)
LV	9402	317	96,74
GX	483	1017	67,80
AU (%)	95,11	76,24	K = 67,71

LV: Latossolos Vermelhos; GX: Gleissolos Háplicos; AM: acurácia do mapeador; AU: acurácia do usuário; K: índice kappa.

Isso mostra que existe como discriminar esses solos na paisagem utilizando os atributos do terreno. Entre os atributos que se mostraram mais significativos para a espacialização das classes de solos destacaram-se a elevação, declividade e índice de umidade topográfica.

A classe dos LV apresentou AM de 96,74 %, mostrando a alta concordância entre AR e o MDS gerado. O grande número de amostras e área de extensão dessa classe na microbacia contribui para esse alto valor de AM. Já na classe dos GX é observado um valor menor de AM (67,80 %). Esse valor baixo está associado com a menor representatividade na área. Esses resultados corroboram com ten Caten et al. (2011), onde classes menos representativas na paisagem têm a qualidade de sua predição afetada. Em relação ao valor do kappa de 67,71 para o MDS gerado é considerado muito bom segundo a classificação de Fonseca (2000).

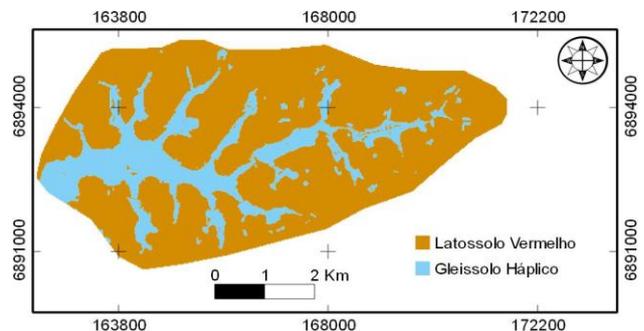


Figura 2 – Mapa digital de solos (MDS) da microbacia do Lageado Giruá. Sistema de coordenadas UTM, datum WGS84 e fuso 22.

Uma demanda relevante do mapeamento de solos em escalas pequenas na região do Planalto do RS, é identificar áreas onde ocorrem tipos de solo mais suscetíveis a degradação e que estão

relacionados a preservação de nascentes e áreas próximas as drenagens, como é o caso das classes dos Gleissolos. Esses solos são, em muitos casos, drenados para condicionar a produção de milho e soja na região do Planalto do RS. Porém, devido essas áreas estarem próximas de nascentes de corpos d'água, segundo o Código Florestal Brasileiro, essas áreas devem ser mantidas como áreas de preservação permanentes (APPs) (BRASIL, 1965).

Levando em consideração que o nível de detalhe das informações contidas nos levantamentos de solos depende da escala do mapeamento, se realizada uma busca pela classe de solos GX no mapa de solos do estado do RS (Brasil, 1973), apenas a classe dos LV contempla a área da microbacia do Lageado Giruá. No mapa de solos do RS, a área mínima mapeável (AMM) para a escala do mapa é de 2.250 ha, ou seja, extensões de solos que ocupam áreas inferiores a esta não aparecerão na legenda do mapa de solos. Essa AMM é próxima do tamanho da microbacia estuda (3.100 ha). Assim, como a ocorrência dos GX nessa área é em apenas 624,32 ha (**Tabela 1**), ela não foi mapeada no levantamento de solos do estado do RS. Portanto, o uso das informações contidas em mapas de solos publicados em escala grande para o planejamento de atividades agrícolas em nível de microbacia ou município pode implicar em interpretações errôneas para essa região estuda.

Dessa forma, o MDS pode contribuir para a ampliação de mapas de solos mais detalhados e compatíveis com as necessidades, uma vez que, essa região do estado do RS apresenta elevado potencial agrícola e carece dessa informação.

CONCLUSÕES

O uso de uma área de referência representativa pode ser utilizada para realizar o Mapeamento Digital de Solos em regiões do Planalto do RS.

Classes de solos com baixas extensões e pouco amostradas na área de referência podem ter sua extrapolação e predição comprometida na paisagem.

Devem ser desenvolvidos estudos para avaliar o alcance da extrapolação da relação solo-paisagem para áreas maiores na região do Planalto do RS.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES pela bolsa de mestrado do primeiro autor e ao CNPq pela bolsa de pesquisador do segundo autor.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Agricultura. Levantamento de reconhecimento dos solos do estado do Rio Grande do Sul. Recife: MA/DPP-AS/DRNR, 1973. 431p. (Boletim técnico, 30).

BRASIL. Leis e decreto, etc Presidência da República. Lei Federal n.º 4.771, Institui o Novo Código Florestal Brasileiro de 15 de setembro de 1965. Diário oficial [da] República Federativa do Brasil, Casa Civil, Brasília.

CRIVELENTI, R. C.; COELHO, R. M.; ADAMI, S. F. et al. Mineração de dados para inferência de relações solo-paisagem em mapeamentos digitais de solo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.44, n.12, p.1707-1715, dez. 2009.

DALMOLIN, R.S.D.; KLAMT, E.; PEDRON, F. A.; AZEVEDO, A. C. Relação entre as características e o uso das informações de levantamentos de solos de diferentes escalas. Ciência Rural, 34:1479-1486, 2004.

EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. ed., Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006, 306 p.

FONSECA, L. M. G. Processamento digital de imagens. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2000. 105p.

GIASSON, E.; TORNQUIST, C. G.; NASCIMENTO, P. C. A carência de mapas de solos no Rio Grande do Sul. Conselho em Revista – CREA, Área técnica. Porto Alegre, nº 41, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Radambrasil: folha SH2 - Porto Alegre. Rio de Janeiro, 1986. 791p.

JENNY, H. Factors of soil formation a system of quantitative pedology. New York: Dover Publications, 1941. 281p.

LAGACHERIE, P.; ROBBEZ-MASSON, J.; NGUYEN-THE, N.; BARTHÈS, J. Mapping of reference area representativity using a mathematical soilscape distance. Geoderma, 101: 105-118, 2001.

McBRATNEY, A. B.; MENDONÇA SANTOS, M. L.; MINASNY, B. On digital soil mapping. Geoderma, 117: 3-52, 2003.

SANCHEZ, P. A.; AHAMED, S.; CARRÉ, F. et al. Digital soil map of the world. Science, 325:680-681, 2009.

STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R.S.D. et al. Solos do Rio Grande do Sul. 2 ed. Porto Alegre: EMATER/RS, 2008. 222p.

TEN CATEN, A.; DALMOLIN, R.S.D.; PEDRON, F. A. et al. Extrapolação das relações solo-paisagem a partir de uma área de referência. Ciência Rural, 41:812-816, 2011.